



ԱՂԱՐԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱ

Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարան

AGRICULTURE AND TECHNOLOGY

АГРОНАУКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Միջազգային գիտական
պարբերական

ISSN 2579-2822



Կայքէջ՝ anau.am/hy/teghekagir

ՀՏԴ 664: 631.95 : [633.18+ 633.12]

ԾԱՆՐ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ՌԻՍԿԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԲՐՆՁԻ ԵՎ ՀՆԴԿԱՁԱՎԱՐԻ ՍՊԱՌՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ

Դ.Ա. Պիպոյան *ա.գ.թ.*, Մ.Ռ. Բեգլարյան *տեխ.գ.թ.*

ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն

david.pipoyan@cens.am, meline.beglaryan@cens.am

ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆ

Բանալի բառեր՝

սննդակարգային
հետազոտություն,
օրական սպառում,
ծանր մետաղ,
թուլյատրելի չափաքանակ,
ռիսկ

ԱՄՓՈՓԱԳԻՐ

Հոդվածում գնահատվել են ծանր մետաղների (Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, Cd, Hg) ազդեցությամբ պայմանավորված ոչ քաղցկեղածին և քաղցկեղածին ռիսկերը, որոնք առաջանում են բրնձի և հնդկաձավարի սպառման դեպքում: Որոշվել են այդ մետաղների օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակը (EDI), թիրախային վտանգի գործակիցը (THQ) և քաղցկեղածին ռիսկը (CR): Ըստ ստացված արդյունքների՝ բրնձի և հնդկաձավարի սպառման դեպքում ծանր մետաղների օրական ընդունումը չի գերազանցում սահմանված չափաքանակը, սակայն առկա է նիկելի քրոնիկ ազդեցությամբ պայմանավորված քաղցկեղածին ռիսկ:

Նախաբան

Հատիկաընդեղենը՝ հատկապես բրինձն ու հնդկաձավարը մարդու սննդակարգի կարևոր բաղադրիչներից են (F. Han et al., 2019): Ամբողջ աշխարհում, մասնավորապես՝ ասիական երկրներում բրինձն ամենաշատ սպառվող մթերքներից է: Մեկ շնչի հաշվով տարեկան սպառվում է 50-65 կգ բրինձ (S. Mohanty, 2013): Հայաստանում բրնձի տարեկան սպառումը կազմում է ընդամենը 3,4-3,9 կգ (<https://www.armstat.am/am/>):

Թե բրինձը, թե հնդկաձավարն ունեն յուրահատուկ համայն հատկանիշներ և պարունակում են օգտակար սննդատարրեր:

Բրինձը պարունակում է մեծ քանակությամբ ածխաջրեր, ինչպես նաև օմեգա-3 և օմեգա-6 անփոխարինելի ճարպաթթուներ (S. Mohanty, 2013): Օգտակար սննդատարրերի (սպիտակուցներ, վիտամիններ, անփոխարինելի ամինաթթուներ) պարունակությամբ հնդկաձավարը գերազանցում է ոչ միայն բրնձին,

այլև հատիկաընդեղենի մյուս տեսակներին, օրինակ՝ ցորենին, եգիպտացորենին (J.A. Gimenez-Bastida, H. Zielinski, 2015, Y.F. Huang et al., 2013):

Ըստ գիտական հետազոտությունների՝ բրինձն ու հնդկաձավարը կարող են պարունակել նաև մարդու առողջության համար վնասակար նյութեր, այդ թվում՝ ծանր մետաղներ (P. Brizio et al., 2016, Y.F. Huang et al., 2013, J. Fu et al., 2008): Վերջիններս կարող են ներթափանցել մթերքի մեջ ինչպես առաջնային արտադրության (աճեցում, պահպանում), այնպես էլ խոհարարական մշակման ժամանակ (M. D'Amato et al., 2013, A.A. El-Kady, M.A. Abdel-Wahhab, 2018):

Մթերքում առկա որոշ ծանր մետաղներ (Fe, Cu) մարդու օրգանիզմի համար ունեն կենսական նշանակություն: Սակայն մեծ քանակության դեպքում դրանք կարող են բացասական ազդեցություն գործել սպառողների առողջության վրա: Հայտնի է, որ մթերքում ծանր մետաղների (Pb, Cd, Hg, Mo, Ni) անգամ չնչին քանա-

կությունը կարող է ունենալ քաղցկեղածին և ոչ քաղցկեղածին ազդեցություն (M. Jaishankar et al., 2014, A.A. El-Kady, M.A. Abdel-Wahhab, 2018, D. Pipoyan et al. 2018b):

Քանի որ Հայաստանում բրնձի և հնդկաձավարի մեջ ծանր մետաղների պարունակության, ինչպես նաև դրանով պայմանավորված առողջական ռիսկերի վերաբերյալ դեռևս առկա է են գիտականորեն հիմնավորված տվյալներ, ուստի հետազոտությամբ գնահատվել են Երևան քաղաքում ծանր մետաղների ազդեցությամբ պայմանավորված ոչ քաղցկեղածին և քաղցկեղածին ռիսկերը, որոնք առաջանում են բրնձի և հնդկաձավարի սպառման դեպքում:

Նյութը և մեթոդները

Նմուշառում և ծանր մետաղների տարրալուծում: Սննդամթերքում պարունակվող ծանր մետաղների ռիսկի գնահատման ժամանակակից մոտեցումներից մեկն ընդհանուր սննդակարգային ուսումնասիրության (ԸՍՈՒ) մեթոդն է (M. D'Amato et al., 2013): Այն, ի տարբերություն ավանդական վերահսկողական և մոնիտորինգի ընթացակարգերի, հաշվի է առնում ոչ միայն սննդամթերքում մետաղների պարունակությունը, այլև սննդի սպառման արդյունքում մարդու օրգանիզմ ներթափանցած քիմիական տարրերի փաստացի քանակությունը (EFSA/FAO/WHO, 2011):

Հետազոտության համար բրնձի և հնդկաձավարի նմուշառումն իրականացվել է ԸՍՈՒ շրջանակում՝ համաձայն Սննդի շղթայի ռիսկերի գնահատման տեղեկատվական վերլուծական կենտրոնի կողմից մշակված ստանդարտ օպերացիոն ընթացակարգերի: Ընտրվել են Երևանի բնակչության կողմից օրական 1 գրամից ավելի սպառվող հնդկաձավարի և բրնձի տեսակները: Տարբերվարչական շրջաններում տեղակայված վաճառակետերից նմուշառվել են Հայաստան ներմուծված հնդկաձավարի և սպիտակ բրնձի (երկարահատիկ, միջին հատիկավոր և կլոր տեսակի) հում ենթանմուշներ: Դրանց միախառնմամբ ձևավորվել է բրնձի և հնդկաձավարի մեկական ներկայացուցչական նմուշ, որոնք ենթարկվել են խոհարարական մշակման՝ եփվել են այլումինե կաթսայի մեջ (օգտագործվել են ծորակի ջուր, աղ և ձեթ):

Եփված բրնձի և հնդկաձավարի նմուշներում ծանր մետաղների (Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, Cd, Hg) պարունակությունը որոշվել է ատոմային արտոբման սպեկտրաչափի կիրառմամբ:

Ծանր մետաղների օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակը (EDI): Բրնձի և հնդկաձավարի սպառման միջոցով ծանր մետաղների (Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, Cd, Hg) օրական ընդունումը գնահատվել է հետևյալ բանաձևով.

$$EDI = (C \cdot IR \cdot EF \cdot ED) \cdot CF / (BW \cdot AT), \quad (1)$$

որտեղ C-ն սննդամթերքում յուրաքանչյուր ծանր մե-

տաղի պարունակությունն է, մգ/կգ, EF-ը՝ ազդեցության հաճախականությունը, 365 օր/տարի, EN-ն՝ ազդեցության տևողությունը. տղամարդկանց համար՝ 63,6, իսկ կանանց համար՝ 69,7 տարի (ըստ կյանքի միջին տևողության), BW-ն՝ մարմնի զանգվածը. տղամարդկանց համար՝ 70, իսկ կանանց համար՝ 60 կգ, AT-ն՝ ազդեցության միջին տևողությունը. քաղցկեղածին ռիսկի գնահատման դեպքում՝ 70 տարի կամ 25550 օր (US EPA, 1997), IR-ը՝ հում բրնձի և հնդկաձավարի օրական միջին սպառումը, համապատասխանաբար 0,013 և 0,008 կգ/օր (<https://www.armstat.am/am/>), CF-ը՝ խոհարարական մշակման ենթարկված և հում մթերքի կշիռների հարաբերակցությամբ ստացված փոխարկման գործակիցը, 2,8 (A. Adikari et al., 2018):

Ծանր մետաղների ոչ քաղցկեղածին ռիսկի գնահատում: Ծանր մետաղների քրոնիկ ազդեցությամբ պայմանավորված ոչ քաղցկեղածին ռիսկի գնահատման նպատակով հաշվարկվել է թիրախային վտանգի գործակիցը (THQ).

$$THQ = EDI / RfD, \quad (2)$$

որտեղ RfD-ն Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, Cd և Hg մետաղների օրալ ռեֆերենս չափաբաժինն է, համապատասխանաբար 0,01, 0,7, 0,005, 0,02, 0,0035, 0,001 և 0,00057 մգ/կգ/օր (ATSDR, 2004, EFSA 2010, 2012, US EPA 1989, 1991, 1992, 2006):

Ծանր մետաղների քաղցկեղածին ռիսկի գնահատում: Ծանր մետաղների քաղցկեղածին ռիսկի (CR) գնահատումն իրականացվել է հետևյալ բանաձևով.

$$CR = EDI \cdot SF, \quad (3)$$

որտեղ SF-ը քաղցկեղածնության գործակիցն է, որը կիրառվում է մարդու օրգանիզմ ծանր մետաղի ներթափանցմամբ պայմանավորված քաղցկեղի առաջացման հավանականությունը գնահատելիս (D. Pipoyan et al., 2018b):

Սույն հոդվածում քաղցկեղածնության գործակցի համար հիմք են ընդունվել Ni, Pb և Cd ծանր մետաղների համապատասխանաբար 1,7, 0,5, և 0,38 (մգ/կգ/օր)⁻¹ արժեքները (D. Pipoyan et al., 2018b):

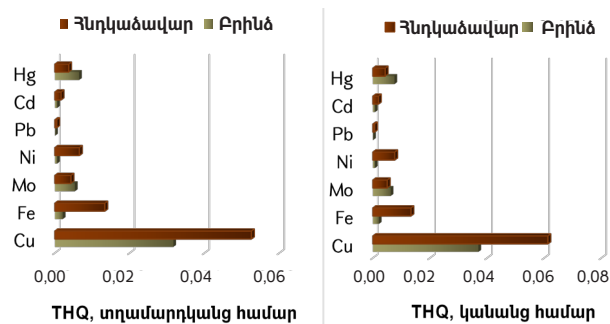
Արդյունքները և վերլուծությունը

Երևանի բնակչության կողմից բրնձի և հնդկաձավարի սպառման արդյունքում ծանր մետաղների օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակները ներկայացված են աղյուսակներ 1, 2-ում:

Ստացված արդյունքների համաձայն՝ և բրնձի, և հնդկաձավարի սպառման դեպքում ծանր մետաղների օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակները զգալիորեն փոքր են միջազգային կազմակերպությունների կողմից հաստատված առողջապահական ուղեցուցային (թույլատրելի) չափաքանակներից:

Աղյուսակ 1. Բրնձի սպառման արդյունքում ծանր մետաղների օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակը

Ծանր մետաղներ	Ծանր մետաղների EDI արժեքները, մգ/կգ/օր		Ծանր մետաղների թույլատրելի չափաքանակը, մգ/կգ/օր
	տղամարդկանց համար	կանանց համար	
Cu	3,16E-04	3,69E-04	1,00E-02
Fe	1,46E-03	1,70E-03	7,00E-01
Mo	2,66E-05	3,11E-05	5,00E-03
Ni	1,25E-05	1,46E-05	2,00E-02
Pb	1,97E-07	2,30E-07	3,50E-03
Cd	6,37E-07	7,43E-07	1,00E-03
Hg	3,68E-06	4,29E-06	1,00E-04



Փձ. 1. Ծանր մետաղների թիրախային վտանգի գործակիցը կանանց և տղամարդկանց համար:

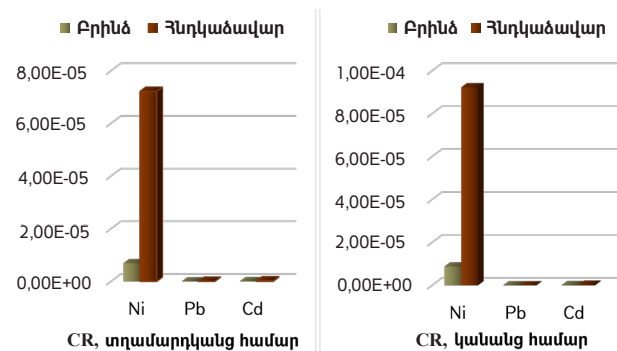
Ծանր մետաղների ոչ քաղցկեղածին ռիսկի գնահատման նպատակով հաշվարկված թիրախային վտանգի գործակիցը ներկայացված է գծապատկեր 1-ում:

Ըստ ընդունված մեթոդաբանության՝ թիրախային վտանգի գործակցի 1-ից մեծ արժեքների դեպքում հնարավոր է, որ մարդու առողջությունը կենթարկվի վնասակար ազդեցության, իսկ 1-ից փոքր արժեքներն ընդունելի են (D. Pipoyan et al., 2018a):

Ըստ գծապատկեր 1-ի՝ կանանց համար գնահատված թիրախային վտանգի գործակցի արժեքները մեծ են տղամարդկանց համար գնահատված նույնանուն արժեքներից: Չարկ է նշել, որ երկու դեպքում էլ նշված արժեքներն անվտանգության շեմից էականորեն ցածր են ($THQ < 1$), ինչը նշանակում է, որ բրնձի և հնդկաձավարի

Աղյուսակ 2. Հնդկաձավարի սպառման արդյունքում ծանր մետաղների օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակը

Ծանր մետաղներ	Ծանր մետաղների EDI արժեքները, մգ/կգ/օր		Ծանր մետաղների թույլատրելի չափաքանակը, մգ/կգ/օր
	տղամարդկանց համար	կանանց համար	
Cu	5,25E-04	6,13E-04	1,00E-02
Fe	9,32E-03	1,09E-02	7,00E-01
Mo	2,15E-05	2,51E-05	5,00E-03
Ni	1,31E-04	1,53E-04	2,00E-02
Pb	1,70E-06	1,98E-06	3,50E-03
Cd	1,66E-06	1,93E-06	1,00E-03
Hg	2,10E-06	2,45E-06	1,00E-04



Փձ. 2. Ծանր մետաղների քաղցկեղածին ռիսկը կանանց և տղամարդկանց համար:

րի սպառման միջոցով ծանր մետաղների ազդեցությամբ պայմանավորված ոչ քաղցկեղածին ռիսկ գոյություն չունի:

Երևանի բնակչության կողմից բրնձի և հնդկաձավարի սպառման դեպքում ծանր մետաղների քաղցկեղածին ռիսկի գնահատման արդյունքները ներկայացված են գծապատկեր 2-ում:

ԱՄՆ Շրջակա միջավայրի պաշտպանության գործակալության կողմից առաջարկվող մեթոդաբանության համաձայն՝ $CR < 10^{-6}$ -ն ընդունելի սահմանն է, մինչդեռ $10^{-6} < CR < 10^{-4}$ և $CR > 10^{-4}$ արժեքները փաստում են, որ առկա է բնակչության համար հնարավոր քաղցկեղածին ռիսկ (M.S. Sultana et al., 2017):

Տղամարդկանց և կանանց համար կապարի (Pb), կադմիումի (Cd) քաղցկեղածին ռիսկի արժեքները

չեն գերազանցում ԱՄՆ Շրջակա միջավայրի պաշտպանության գործակալության կողմից ընդունված սահմանային արժեքը ($CR < 10^{-6}$), իսկ նիկելի (Ni) քաղցկեղածին ռիսկի արժեքները գերազանցում են սահմանային արժեքը ($CR > 10^{-6}$), ինչը փաստում է, որ առկա է բնակչության համար հնարավոր քաղցկեղածին ռիսկ:

Եզրակացություն

Ըստ հետազոտության արդյունքների՝ բրնձի և հնդկաձավարի սպառման արդյունքում ծանր մետաղների օրական ընդունումը չի գերազանցում սահմանված չափաքանակը, սակայն առկա է նիկելի քրոնիկ ազդեցությամբ պայմանավորված քաղցկեղածին ռիսկ:

Այսպիսով՝ բնակչության սննդակարգում ծանր մետաղների ռիսկը գնահատելու համար կարևորվում է հետագա ծավալուն հետազոտությունների իրականացումը:

Գրականություն

1. <https://www.armstat.am/am/> (դիտվել է 20.08.2019 թ.):
2. Adikari, A., Thamilini J. (2018). Cooking conversion factor of commonly consumed Sri Lankan food items. *MOJ Food Processing & Technology*, Volume 6 Issue 4, - pp. 371-374.
3. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Diseases Registry) 2004. Toxicological Profile for Copper. Update. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, Centers for Disease Control, Atlanta, GA. (<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp132.pdf>, (accessed on 20.08.2019).
4. Brizio, P., Benedetto, A., Squadrone, S., Curcio, A., Pellegrino, M., Ferrero, M., Abete, M.C. (2016). Heavy metals and essential elements in Italian cereals. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 1;9(4):261-7.
5. D'Amato, M., Turrini, A., Aureli, F., et al. (2013). Dietary exposure to trace elements and radionuclides: The methodology of the Italian Total Diet Study 2012–2014. *Ann. Ist. Sup. Sanita* 49, - pp. 272–280.
6. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). 2010. Scientific opinion on lead in food. *EFSA J* 8(4):1570.
7. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). 2012. Scientific opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA J* 10(12):2985.
8. EFSA/FAO/WHO. 2011. Joint guidance of EFSA, FDA and WHO: Towards a harmonized Total Diet Study approach: A guidance document. *EFSA Journal* 2011;9(11):2450, - 66 p.

9. El-Kady, A.A., Abdel-Wahhab, M.A. (2018). Occurrence of trace metals in foodstuffs and their health impact. *Trends in food science & technology*. May 1; 75, - pp. 36-45.
10. Fu, J., Zhou, Q., Liu, J., Liu, W., Wang, T., Zhang, Q., Jiang, G. (2008). High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa* L.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. *Chemosphere*. Apr 1;71(7):1269-75.
11. Gimenez-Bastida, J.A., Zielinski, H. (2015). Buckwheat as a functional food and its effects on health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Sep 3;63(36):7896, - p. 913.
12. Han, F., Wang, Y., Fan, L., Song, G., Chen, X., Jiang, P., Miao, H., Han, Y. (2019). Digestible indispensable amino acid scores of nine cooked cereal grains. *British Journal of Nutrition*. 121(1), - pp.30-41.
13. Huang, Y.F., Peng, L.X., Liu, Y., Zhang, Z.F., Lv, L.Y., Zhao, G. (2013). Evaluation of essential and toxic elements concentrations in different parts of Buckwheat. *Czech Journal of Food Sciences*, 31(3), - pp.249-255.
14. Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B.B., Beeregowda, K.N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary toxicology*. 7(2), - pp. 60-72.
15. Mohanty, S. (2013). Trends in global rice consumption. *Rice Today*, 12(1), - pp. 44-45.
16. Pipoyan, D., Beglaryan, M., Costantini, L., Molinari, R., Merendino, N. (2018a). Risk assessment of population exposure to toxic trace elements via consumption of vegetables and fruits grown in some mining areas of Armenia. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 24 (2), - pp. 317-330.
17. Pipoyan, D., Beglaryan, M., Stepanyan, S., Merendino, N. (2018b). Dietary Exposure Assessment of Potentially Toxic Trace Elements in Fruits and Vegetables Sold in Town of Kapan, Armenia. *Biological Trace Element Research*, 190(1), - pp. 234-241.
18. Sultana, M.S., Rana, S., Yamazaki, S., Aono, T., Yoshida, S. (2017). Health risk assessment for carcinogenic and non-carcinogenic heavy metal exposures from vegetables and fruits of Bangladesh. *Cogent Environmental Science*, 3(1), 1291107.
19. US EPA 1989. Cadmium; CASRN 7440-43-9, Washington, DC, USA (https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0141_summary.pdf, (accessed on 20.08.2019).
20. US EPA 1991. Nickel, soluble salts; CASRN Various, Washington, DC, USA (https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0271_summary.pdf, (accessed on 20.08.2019).

21. US EPA 1992. Molybdenum; CASRN 7439-98-7, Washington, DC, USA (https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0425_summary.pdf), (accessed on 20.08.2019).
22. US EPA 1997. Exposure Factors Handbook. EPA/600/P-95/002F, Integrated Risk Information System (IRIS) Chemical Assessment Summary, Washington, DC, USA. (<https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recorddisplay.cfm?deid=12464>), (accessed on 20.08.2019).
23. US EPA 2006. Provisional Peer Reviewed Toxicity Values for Iron and Compounds; CASRN 7439-89-6, Derivation of Subchronic and Chronic Oral RfDs (<https://cfpub.epa.gov/ncea/pprtv/documents/IronandCompounds.pdf>), (accessed on 20.08.2019).

АННОТАЦИЯ

Оценка риска тяжелых металлов при потреблении риса и гречки

Целью исследования является оценка канцерогенного и неканцерогенного рисков вследствие экспозиции тяжелыми металлами (Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, Cd, Hg) при потреблении гречки и риса. Оценены суточное поступление (EDI), целевой коэффициент опасности (THQ) и канцерогенный риск (CR) тяжелых металлов. Полученные результаты позволяют заключить, что суточное поступление тяжелых металлов, обусловленное потреблением гречки и риса, не превышает допустимых суточных норм. Тем не менее, потребление исследуемых пищевых продуктов чревато канцерогенным риском, который обусловлен хронической экспозицией никелем.

ABSTRACT

Risk Assessment of Heavy Metals upon the Consumption of Rice and Buckwheat

The aim of this study is to assess the non-carcinogenic and carcinogenic risks of heavy metals (Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, Cd, Hg) throughout the consumption of rice and buckwheat. Estimated Daily Intake of heavy metals (EDI), Target Hazard Quotient (THQ), and Carcinogenic Risk (CR) were estimated. According to the results, the daily intake of heavy metals and the consumption rate of rice and buckwheat do not exceed the established tolerable daily intakes. However, taking into consideration the consumption of the studied products, the chronic exposure of nickel can pose a carcinogenic risk.

Հոդվածը հրապարակվում է ՀՀ ԿԳՆ գիտության կոմիտեի «Երևան քաղաքում հրացվող սննդամթերքում ծանր մետաղների ռիսկի գնահատումը - 18T-4A303» գիտական թեմայի շրջանակում:

Ընդունվել է՝ 18.10.2019 թ.
Գրախոսվել է՝ 14.11.2019 թ.